



上部地殻内でのポリペプチド・ポリヌクレオチドの生成

著者	掛川 武
URL	http://hdl.handle.net/10097/39681



研究課題番号：15204047

上部地殻内でのポリペプチド・ポリヌクレオチドの生成

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金
(基盤研究(A))
研究成果報告書

平成18年5月

研究代表者 掛川 武

(東北大学大学院理学研究科助教授)

研究課題番号：15204047

上部地殻内でのポリペプチド・ポリヌクレオチドの生成

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金
(基盤研究(A))
研究成果報告書

平成18年5月

研究代表者 掛川 武

(東北大学大学院理学研究科助教授)

科研費 A「上部地殻内でのポリペプチド・ポリヌクレオチドの生成」の研究成果

1. 目的：

本研究は、「海洋に浮遊する粘土粒子にアミノ酸・核酸塩基等が吸着・沈殿し、プレートの沈み込みによって地殻内で脱水重合して蛋白質・核酸となった」との化学進化仮説を中心に、下記の要素研究を行い、その成果を総合して全く新しい生命起源のシナリオを提唱することを目的とする。

(1) 沈み込む海洋プレートを想定した高温・高圧下で、粘土鉱物を触媒とするアミノ酸および核酸塩基の重合・分析実験を行い、地殻内で化学進化があり得たことを実証する。生成する粘土・有機複合体の組織を SEM, TEM で観察する。

(2) 地球深部を想定した超高压・高温実験により、炭素質隕石に含まれる不揮発性炭化物から生成する単純な有機分子を分析し、始原地球における有機分子の起源の新たな可能性を実証する。

(3) 初期地球環境を保存する岩石あるいは初期地球と類似した環境である海洋熱水噴気孔の調査・観察・地球化学的分析により、生体が海洋で適応放散した環境を明らかにする。(1)~(3)の各個の研究成果を総合して、地球進化・化学進化・生物進化の相互関係を合理的に説明できる新しい生命起源シナリオを世に問う。

2. 研究方法：

2.1. 平成14年度

14年度では、本研究を遂行する上で重要な役割をになう HPLC の購入と設置を行った。それと同時に高温高圧オートクレーブを整備した。これら装置を用いてアミノ酸の高温・高圧実験を行い、アミノ酸が地殻内条件下で重合するか検討した。また、グラファイトを炭素源と想定したアミノ酸生成実験ラインの設置・改良を行い、隕石衝突が化学進化に与える影響を評価するために、衝撃圧縮実験（物質材料研究機構）も行った。

2.2. 平成15年度

昨年度に引き続き衝撃波発生装置や高温反応炉を用いて、初期地球における隕石衝突を模擬した。この実験の目的は、隕石衝突イベントにおいてアミノ酸やアミノ酸材料物質が生成されるか検証する事にある。その結果、アミノ酸材料物質であるアンモニアの生成が高収率で起こる事、そこからアラニ

ン・グリシンなどアミノ酸生成も起こる事を証明した。さらに地殻内条件を反映させ、アミノ酸を高温高圧環境で重合させペプチド重合を促進させる実験を行った。特に粘土鉱物の触媒機能に着目し、粘土-アミノ酸系の高温高圧反応実験を行った。また重合度の高いペプチドを HPLC-MS 法で分析した。これら一連の実験に必要な蒸発凍結乾燥装置を購入した。

2.3. 平成16年度

アミノ酸に加え核酸も同様の挙動を示すかも課題に含まれている。本年度は最終年度であり、残された実験と成果のとりまとめを行った。まず衝撃波発生装置や高温反応炉を用いて、初期地球における隕石衝突を模擬した。前年度の衝突実験の成果に加え、水存在下で隕石物質が「蒸発」しやすくなる可能性を追求した。

さらに地殻内条件を反映させ、アミノ酸を高温高圧環境で重合させペプチド重合を促進させる実験を継続させた。今年度は、硫化鉱物に着目し、硫化物-アミノ酸系の反応実験を行った。また、マッフル炉を用いて核酸の合成実験や高温高圧状態での安定性を調べる実験も行った。分析は初年度設置した HPLC で行った。溶離液を工夫するなどして、ATP, AMP, アデノシン同時分析を可能にした。

3. 成果と考察

3.1. 初期地球における隕石衝突の意義

アミノ酸生成の前段階にあたるアンモニア生成に関して成功した。このことは微酸化初期地球大気に還元的ローカル大気を作ることが可能であることを示す成果であった。この成果は Earth Planetary Science Letter に投稿し、既に出版された。様々なエックス線分析装置を駆使し、高温高圧反応で生成した固体物質の同定なども積極的おこない、鉄、マグネシウム、シリカなどの元素が特異的な挙動を示し、水存在下で隕石物質が「蒸発」することを世界で初めて実験的に証明した。ここでは、Ultra fine particle と呼ばれる微小粒子が形成され、UFP を介して隕石衝突雲の中でさまざまな物質の反応性が向上することを示した。現在、この内容は Nature 誌に投稿中である。国際粘土学会な

どの国際学会でその成果は既に公表して来ている。

3.2. グラファイトからのアミノ酸生成

グラファイトをもとにしたアミノ酸生成実験も、反応装置を改良し何回か試行錯誤を繰り返し成功するに至った。生体を構成するアミノ酸の大半は、ここでの反応で形成されることを世界で初めて証明した。グラファイト内の炭素結合を壊し、新たな低分子を作るのは難しいとされてきている。炭素2重結合を別の結合に変換し新たな分子を作った研究に多くのノーベル化学賞が与えられていることを考えると、今回の成果は極めてインパクトの強い成果と言える。ここでの成果も Nature 誌に投稿準備中である。また Japan-Germany Frontier of Science など外国の著名な化学者が参加した学会でこれらの成果を公表し非常に高い評価を得た。

3.3. 高温・高圧下でのポリペプチド生成

アミノ酸単体（グリシン・アラニン）を用いオートクレーブで高温高圧重合実験を行った。「高温高圧状態ではアミノ酸は重合するのではなく分解する」というのが常識的な考えであった。しかし、本研究によって高圧状態が高温での分解を制御し「重合」を助けること、その重合が従来報告されていた6量体で終わらず9量体まで確認されたことは大きな成果である。グリシンにおいてはアミノ酸重合の妨げになる環状アミノ酸の生成が圧力によってコントロールされることなど重要な知見を得た。以前には不明であった圧力の効果、温度の効果が具体化された。さらに硫化水素が共存する系では、ペプチドの収率が著しく向上し「重合」に適していることを見いだした。また石油成分であるナフタレンなどを同時に生成されることも分かった。ここでの成果の一部は、AGU などの国際学会で既に公表され一方で GCA などに投稿中である。

3.4. 生命誕生のための新しい化学進化仮説

本科研費以外の研究費を用いて海底熱水系に生息する始源的生物や世界最古の地層の研究も行った。そこから、本科研費で行った実験の条件などを規定した。アミノ酸生成、アミノ酸重合、核酸生成実験などの成果と合わせると以下のような、新たな化学進化仮説の提唱が可能になる。

生体を作るアミノ酸は20種類と限定されている。隕石中のアミノ酸

のほとんどは、この20種類以外である。その一方で本研究で合成されたアミノ酸は、生体20種類アミノ酸に近いものである。アミノ酸の種類は酸化還元状態や共存するガスの分圧などに大きく依存することが本研究で分かった。逆に微酸化的な環境を持った初期地球に隕石が衝突することで、還元的環境を作り、一つの惑星表面に微酸化－還元的環境を共存させることになる。こうした環境では組成の異なったアミノ酸生成が可能になり、おそらくこうした地球の特殊性が「20種類のアミノ酸」を作ったのであろう。地球の状態に着目し20種類のアミノ酸生成を説明する研究は、本研究が初めてである。

これらアミノ酸は、やがて初期海洋に集積し粘土鉱物に吸着するなどして、海洋堆積物に濃集することが期待される。海洋堆積物が続成作用を受けることによって、脱水反応が進行し、アミノ酸どうしが重合する。特に環境が硫化水素などによって還元的に保たれれば、その重合は促進される。それと同時にナフタレンなどのPAHも生成された。本研究のモデルが正しいとすると、初期地球地殻浅所ではアミノ酸重合が進行し、深所では石油生成が進行していたことになる。現に38億年前の地殻内部に石油が移動した痕跡が見つまっている。

本研究によって核酸が水存在下では温度耐性が極めて低いことが分かった。すなわち従来考えられてきた海底熱水系での化学進化はタンパク質、核酸に限定すると不可能である。海底熱水系はおそらく生物進化場として重要であり化学進化場としては重要でないことを意味する。本研究で提唱してきた地殻内（十分な温度圧力があり、水の活量と酸化還元状態が制御される場所）が化学進化を進行させるにふさわしい場であると結論する。

4. 成果の公表：

4.1. 学会発表

本研究に直接的、間接的に関係した学会発表は国内学会31件、国際学会で17件行った。この中には東北大学の学生を主著者にした発表も含まれる。国際学会においては、15年度に Goldschmidt 国際会議および三鉱シンポジウムで招待講演を行った。また16年度の Japan-Germany Frontier of Science において Guest Speaker として選ばれ、本研究での成果を公表した。

4.2. 論文

本研究期間内に、この研究費を用いて国内・国際雑誌に多くの論文を出版できた。教科書2冊を発行し成果の一部を公表し、次世代に本研究を引き継ぐ努力を行った。現在、投稿準備中の論文も多数存在する。特に、水が関与した状態での隕石物質の「蒸発」やグラファイトからのアミノ酸生成に関する論文はNature誌に投稿を検討している。

5. 研究組織：

研究代表者：掛川武（東北大学大学院・理学研究科・助教授）

研究統括、実験・化学分析

〔初年度研究代表者：中沢弘基（東北大学大学院・理学研究科・教授

15年度退官：現在、(独)物質材料研究機構フェロー)

実験、分析〕

6. 交付決定額：

本研究で用いた経費の総額は、以下のとおりである。

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成15年度	20,900,000	6,270,000	27,170,000
平成16年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
平成17年度	3,300,000	990,000	4,290,000
総計	31,300,000	9,390,000	40,690,000

謝辞：

本研究は、文部科学省、日本学術振興会の支援がなければ行えなかった。東北大学においても地球物質科学教室での薄片作成(大山、伊藤、川野辺技官)、TEM観察(長瀬博士)、GC-MS分析(海保博士)、百万ボルト電子顕微鏡室でのFE-SEM、TEM観察(青柳技官)、東北大学薬学部でのHPLC-MS分析にあたり多くの方々の支援を頂いた。物質材料研究機構の関根博士には衝撃圧縮実験に深く関与していただいた。この場を借りて感謝の意を表したい。

研究発表

(1) 学会誌等

- 掛川武 (2003) 初期地球環境下での微生物進化, 日本惑星科学会誌 vol. 12. No. 1, 14 - 18
- 掛川武 (2003) 太古代海洋における硫酸還元菌の活動と生息環境, 地学雑誌 vol. 112. No. 2 (987), 218 - 225
- Mori K., Kim H., Kakegawa T., Hanada S., (2003), A novel lineage of sulfate-reducing microorganisms: *Thermodesulfobiaceae* fam. nov., *Thermodesulfobium narugense*, gen. nov., sp. nov., a new thermophilic isolate from a hot spring, *Extremophiles* 7, 283-290
- 掛川武 (2003) 地球大気はいつから酸化になったか?, 資源地質学会 50 周年記念教科書, 254-256
- Ando A., Kakegawa T., Takashima R. and Saito T., Stratigraphic carbon isotope fluctuations of detrital woody materials during the Aptian Stage in Hokkaido, Japan: Comprehensive $\delta^{13}\text{C}$ data from four sections of the Ashibetsu area. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, 835-847
- 掛川武 (2003) 最古の岩石が秘める生命起源へのヒント, 化学 vol. 58 No. 7, 30-31
- 遠藤一佳, 南澤究, 掛川武, 犬伏和之 (2004) 微生物学と地球化学のわかちがたい関係, 科学 vol. 74No. 2, 166-169
- 中沢弘基 (2003) Claysphere : past, present and future の視点, 粘土科学 vol. 42, 115-119
- Kakegawa T. (2004) Importance of water / rock interaction at ancient sub-seafloor regions to supply bio-essential elements to early biota. *Water Dynamics Proceeding* , vol.1, 115-116.
- Noda M. and Kakegawa T. (2004) Geochemistry of nitrogen in volcanic rocks altered by submarine hydrothermal activities at the Suiyo, Izu-ogasawara arc, Japan. *Water Dynamics Proceeding* , vol.1 , 153-156.
- 掛川武 (2004) 27 億年～21 億年にかけて見いだされた異常な有機炭素同位体組成と初期生命進化, 岩石鉱物科学 vol. 33, 141-145
- 掛川武 (2004) グリーンランド・イスア地域の岩石に刻まれた初期地球の姿, 地質ニュース, 596 号, 60-65.
- Kakegawa T., Ohtomo Y., Nakazawa H. and Rosing M. (2004) Heavy metal enrichment in Archean carbon-rich samples: Hint to early carbon-metal compounds for enzyme formation? *Geochem. Cosmochim. Acta*. 68, 799.
- Mori K., Kakegawa T., Higashi Y., Nakamura K., Maruyama A., Hanada S. (2004) *Oceanithermus desulfurans* sp nov., a novel thermophilic, sulfur-reducing bacterium isolated from a sulfide chimney in Suiyo Seamount. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 54, 1561-1566.
- 掛川武, 野田雅一, 丸茂克美 (2004) 水曜海山海底熱水活動域の地下地質構造と硫化物硫黄同位体組成との関係, 海の研究 14 巻 2 号, 221-235.
- Nakazawa H., Sekine T., Kakegawa T., Nakazawa S. (2005) High yield shock synthesis of ammonia from iron, water and nitrogen available on the early Earth. *Earth and Planetary Science Letters* 235, 356-360.
- 掛川武 (2005) 34 億年前の海洋環境で活動した光合成細菌の痕跡・酸素発生型か非酸素発生型か?, 蛋白質 核酸 酵素 vol. 50 No. 1, 64-65.

- Hara K., Kakegawa T., Yamashiro K., Maruyama A., Ishibashi J., Marumo K., Urabe T., Yamagishi A. (2005) Analysis of the archaeal sub-seafloor community at Suiyo Seamount on the Izu-Bonin Arc. *Advances in Space Research* 35, 1634-1642.
- 大谷栄治, 掛川武 (2005) 地球・生命—その起源と進化. 共立出版, P190.
- Kakegawa T. and Nanri H. (2006) Sulfur and carbon isotope analyses of 2.7 Ga stromatolitic sandstones in the Tumbiana Formation, Fortescue Group, Western Australia. *Precambrian Research* (in press)
- Furukawa Y., Nakazawa H., Sekine T. and Kakegawa T. (2006) Water-enhanced impact vaporization of extraterrestrial Objects. (submitted to *Nature*)
- Ando A., Kawahata H., Kakegawa T. (2006) Sr/Ca ratios as indicators of varying modes of pelagic carbonate diagenesis in the ooze, chalk and limestone realms. *Sedimentary Geology* (in press)
- 中沢弘基 (2006) 生命の起源・地球が書いたシナリオ. 新日本出版, P224.
- Ohara S., Kakegawa T. and Nakazawa H. (2006) Pressure dependence of peptide formation in solid state : implications for the chemical evolution under the deep crust. (submitted to *GCA*)

(2) 口頭発表

- 掛川武, 黒崎勇矢 (2003) 世界最古の海底熱水鉱床にみられた Mo と Zn を含んだ有機物層 : 最古の酵素活性の証拠?, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- 掛川武, 丸山明彦, 浦辺徹郎 (2003) 地球化学データから見た水曜カルデラ東部と中央部の地下地質構造の違い, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- 大原祥平, 掛川武, 中沢弘基 (2003) 続成作用条件下における L-アラニンの脱水重合実験, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- 三木悠史, 掛川武, 中沢弘基 (2003) 38 億年前の海洋にリンは存在していたか?, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- 原来人, 葛西寛子, 掛川武, 丸山明彦, 石橋純一郎, 丸茂克美, 石橋志保, 浦辺徹郎, 山岸明彦 (2003) 水曜海山熱水系における古細菌相の解析, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- 原来人, 葛西寛子, 掛川武, 丸山明彦, 石橋純一郎, 丸茂克美, 石橋志保, 浦辺徹郎, 山岸明彦 (2003) 水曜海山熱水系における細菌相の解析, 地球惑星科学関連学会 2003 年合同大会, 幕張, 5 月 26~29 日
- Nakazawa, H., T. Nagase and H. Yamada (2003) Three-dimensionally ordered smectite. *Euroclay2003*, Modena, Italy, Jun
- Kakegawa T (2003) Geological constraints on subvent microbial activity at the Suiyo Seamount, Japan, 16th International Symposium on Environmental Biogeochemistry, Aomori, Japan, Sep 1-6
- Ohara S, Kakegawa T, Nakazawa H (2003) High Pressure and Temperature Polymerization of Amino Acids Suggesting a Role of Depth in the Crust for Chemical Evolution, *Goldschmidt 2003*, Kurashiki, Japan, Sep 7-12
- Kasai H, Hara K, Kakegawa T, Maruyama A, Ishibashi J, Marumo K (2003) Archaeal Community in the Hydrothermal System at Suiyo Seamount on the Izu-Ogasawara Arc, *Goldschmidt 2003*, Kurashiki, Japan, Sep 7-12

- 大原祥平, 掛川武, 中沢弘基 (2003) 堆積物続成過程におけるアミノ酸の高分子化とモンモリロナイトの変化, 粘土科学討論会, 広島, 9月23日~25日
- 中沢弘基, 長瀬敏郎, 山田裕久 (2003) 三次元周期構造を有するスメクタイト, 粘土科学討論会, 広島, 9月23日~25日
- 中沢弘基, 関根利守, 掛川武, 中沢暁 (2003) 窒素・水・鉄への衝撃によるアンモニア生成: 初期地球隕石海洋爆撃の模擬実験, 日本鉱物学会 2003 年度年会, 宮城県仙台市, 9月28~10月1日
- Nakazawa H. (2004) Clays and clay/organic composites on the early Earth 4.0Gyr. ago. Tokyo Conference on Clay Chemistry, Tokyo, Feb
- 古川善博, 大原祥平, 掛川武, 中沢弘基 (2004) グラファイトからのアミノ酸生成: 初期海洋への隕石衝突と生物有機分子の起源, 生命の起源および進化学会第29回学術講演会, 奈良, 3月8日~10日
- 大原祥平, 古川善博, 掛川武, 中沢弘基 (2004) 続成作用温度圧力下でのアミノ酸の脱水重合, 生命の起源および進化学会第29回学術講演会, 奈良, 3月8日~10日
- 中沢弘基, 掛川武, 大原祥平, 古川善博 (2004) 初期地球ダイナミクスと生物有機分子の進化, 生命の起源および進化学会第29回学術講演会, 奈良, 3月8日~10日
- Kakegawa T. and Nedachi M. (2004) Discovery of FeS₂-Rich Marine Sediments In The ~2.76 Mt. Roe Basalt, Astrobiology Science Conference, NASA, Ames, 2004, California, USA, Mar 28-Apr 1
- 大原祥平, 掛川武, 中沢弘基 (2004) 堆積物深部の高温高圧脱水環境におけるアミノ酸のペプチド化, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日.
- 根建心具, 大本洋, 掛川武 (2004) Scientific objectives and preliminary results of the Archean Biosphere Drilling Project (ABDP). 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 掛川武 (2004) 27 億年~20 億年にかけて起こった微生物による methanotrophy の要因: 海底火成活動の役割, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 山岸明彦, 原来人, 葛西寛子, 掛川武, 丸山明彦, 石橋純一郎, 丸茂克美, 板橋志保, 浦辺徹郎 (2004) 伊豆小笠原島弧水曜海山地下古細菌相の解析, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 内海真生, 中村光一, 掛川武, 下島公紀, 久留主泰朗, 山中寿朗, 高野淑識, 木村浩之, 東陽介, 石橋純一郎, 廣田明成, 金子亮, 皆葉正臣, 葛西寛子, 攝津理仁 (2004) 南部マリアナ海域初のブラックスモーカーサイト (Pika site) の発見とその諸性状, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 掛川武, 中村光一, 内海真生 (2004) 南部マリアナ海底熱水活動域で見られた硫化鉱物の硫黄同位体組成とその地域差の意義, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 浦辺徹郎, 丸茂克美, 掛川武, 木村浩之, 久留主泰朗, 砂村倫成, 高野淑識, 多田訓子, 難波謙二, 花田智, 三朝千稚, 森浩二 (2004) マリアナ背弧海盆拡大軸南部の熱水地帯の掘削-アーキアン・パーク計画航海速報-, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 掛川武, 丸茂克美, 浦辺徹郎 (2004) 水曜海山海底熱水場地下における高解像度3次元地質構造, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日
- 大友陽子, 掛川武 (2004) イスア表成岩帯における CO₂ に富んだ Mmetasomatic fluid と周辺岩石との相互作用に関する地質学的研究, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会, 幕張, 5月9~13日

- Takegawa T., Ohtomo Y., Nakazawa H. and Rosing M. (2004) Heavy metal enrichment in Archean carbon-rich samples: Hint to early carbon-metal compounds for enzyme formation? Goldschmidt Conference, Copenhagen, Denmark, Jun 5-11
- Takegawa T. (2004) Influence of global volcanisms on C, N and P elemental cycles on the early Earth and its constraints on the evolution of early life. The Second Okazaki Biology Conference on "Terra Microbiology", Mielparl Ise-Shima, Sep 26-30
- Furukawa Y., Ohara S., Takegawa T., Nakazawa H. (2004) Formation of amino acids from graphite: origins of biomolecules on the early earth. Water Dynamics 2, Sendai, Japan, Nov 11-12
- Ohara S., Takegawa T. and Nakazawa H. (2004) Polymerization of amino acids under the high pressure and temperature simulating the progressive diagenetic condition. Water Dynamics 2, Sendai, Japan, Nov 11-12
- Ohtomo Y. and Takegawa T. (2004) Geological study of carbonation of the 3.8 Ga Isua supracrustal belt and abiogenic graphite generation. Water Dynamics 2, Sendai, Japan, Nov 11-12
- Takegawa T. (2004) Contrasting sulfur isotope compositions of sulfide minerals between on-ridge and off-ridge hydrothermal fields in the southern Mariana back-arc region. AGU Fall Meeting 2004, San Francisco, California, Dec 13-17
- 掛川武, 内海真生 (2005) 南部マリアナ海域で発見された海底熱水活動とその地価構造, Blue Earth '04「第21回しんかいシンポジウム」, 横浜, 1月13-14日
- Takegawa, T., Significance of abiogenic graphite in the 3.8 Ga Isua Supracrustal Belt: Implications to chemical evolution? 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, P074-035, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- Furukawa Y., Nakazawa H., Sekine M., Takegawa T., Possible Formation of Pre-biotic Organic Compounds by the Impact Event to the Early Ocean. 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, B068-004, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- 大原祥平, 掛川武, 中沢弘基, 地下深部温度圧下におけるアミノ酸の重合反応: 圧力による環状ペプチドの制御. 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, B068-004, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- Ohtomo, Y., Takegawa T., Geological study of carbonation of the 3.8 Ga in Greenland and the occurrence of the graphites. 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, B001-003, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- 新妻祥子, 掛川武, 長瀬敏郎, 根建心具, 世界最古のグレイナイト発見? 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, B001-004, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- 大田由貴恵, 佐藤努, 大原祥平, 玉村修司, 掛川武, 中沢弘基, 繰り返し湿潤—乾燥法による鉱物表面でのアミノ酸重合. 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, B001-P008, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- Niitsuma S., Takegawa T., Nagase T., Nedachi M., Significance of nickel-rich sulfides in drilled core samples of the 2.77 Ga Mt. Roe sedimentary rocks: TEM and magnetic studies. 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, P074-P007, 幕張, 5月22-26日, 2005.
- Ohara S., Takegawa T., Nakazawa H., Polymerization experiment of amino acids under high pressure and temperature conditions simulating the deep crust. International Symposium on Origins of Life and Astrobiology (ISOLAB)'05, 新潟, 6月27-7月2日, 2005.
- Furukawa Y., Nakazawa H., Sekine M., Takegawa T., Smoke particle formation by impact of olivine to water. The 13th International Clay Conference, Tokyo, Aug 21-27, 2005.
- Ota Y., Sato T., Ohara S., Tamamura S., Takegawa T., Nakazawa H., Polymerization of amino acids on mineral surface during wetting/drying cycles. The 13th International Clay Conference, Tokyo,

Aug 21-27, 2005.

Ohara S., Kakegawa T., Nakazawa H., Polymerization Experiment Of Amino Acids Under High Pressure And Temperature Conditions Simulating The Deep *Lithosphere*. AGU Fall Meeting 2005, San Francisco, California, Dec 5-9, 2005.

(3) 招待講演

Kakegawa T (2003) Establishment of Phosphorous Cycle in Early Archean Oceans, Goldschmidt 2003, Kurashiki, Japan, Sep 7-12

掛川武 (2003) 初期地球環境における異常な炭素循環：生命初期進化へのヒント，日本鉱物学会 2003 年度年会，宮城県仙台市，9 月 28～10 月 1 日

Kakegawa T. (2005) Significant interaction between biosphere and crustal materials on the early Earth : possible production of pre-biotic materials and evolution of the early crusts. First Japanese-German Frontiers of Science Symposium, Mainz, Jan 27-30

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録しておりません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。